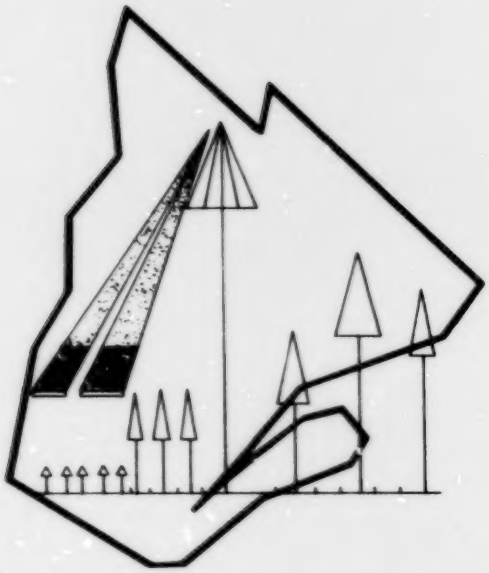
Comportement du 2,4,5-T en milieu aquatique après des pulvérisations terrestres et aériennes en milieu forestier au Québec, 1982



Québec

85-1770/

COMPORTEMENT DU 2,4,5-T EN MILIEU AQUATIQUE APRÈS DES PULVÉRISATIONS TERRESTRES ET AÉRIENNES EN MILIEU FORESTIER AU QUÉBEC, 1982

Par: Pierre Léveillé, biologiste
Luc Laberge, biologiste

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
SERVICE PÉPINIÈRES ET REBOISEMENT

Québec, février 1984

AVANT-PROPOS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes qui ont participé à la réalisation de ce travail:

Monsieur Lester Foley, chimiste, responsable pour Eco-Recherches Inc.

Madame Gisèle Couture, technicienne en aménagement de la faune.

Monsieur Richard Trudel, étudiant.

Madame Chantal Duval, étudiante.

Monsieur Pierre Veillet, étudiant.

Madame Claire Bernier, dactylographe.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RESUME	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
1. INTRODUCTION	1
2. PROGRAMME DE PULVÉRISATION	2
2.1 Superficies traitées	2
2.1.1 Projet Dufour	2
2.1.2 Projet Rimouski	2
2.1.3 Projet Rouillard	2
2.2 Produits utilisés	7
2.3 Période de traitement	7
2.4 Appareils utilisés	9
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES	10
3.1 Matériel	10
3.2 Technique de prélèvement	10
3.3 Méthode analytique et contrôles	11
4. DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLONNAGE ET DES STATIONS	13
4.1 Projet Dufour	13
4.1.1 Pulvérisation par voie terrestre	14
4.1.2 Pulvérisation par voie aérienne	14
4.2 Projet Rimouski	15
4.3 Projet Rouillard	15
5. RÉSULTATS ET DISCUSSION	16
5.1 Comportement du produit	17
5.1.1 Projet Dufour	17
5.1.2 Projet Rimouski	20
5.1.3 Projet Rouillard	21
5.2 Comparaison des méthodes de pulvérisation	24
6. CONCLUSION	26
BIBLIOGRAPHIE	27

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU I	- Caractéristiques des projets de pulvérisation	8
TABLEAU II	- Caractéristiques d'entrée des phytocides dans les ruisseaux	16
TABLEAU III	- Résidus de 2,4,5-T en milieu aquatique (µg/l)	18

LISTE DES FIGURES

		Page
FIGURE 1 -	Localisation des projets	3
FIGURE 2 -	Localisation des stations d'échantillonnage, projet Dufour	4
FIGURE 3 -	Localisation des stations d'échantillonnage, projet Rimouski	5
FIGURE 4 -	Localisation des stations d'échantillonnage, projet Rouillard	6

1. INTRODUCTION

En 1982, le ministère de l'Énergie et des Ressources poursuivait son programme d'étude du comportement des résidus de phytocides. Lors des deux (2) années antérieures, les traitements avaient été effectués avec un mélange de 2,4-D/2,4-DP (acide 2,4-dichlorophénoxyacétique/acide 2,4-dichlorophénoxypropionique). Les pulvérisations de 1982 ont été réalisées avec du 2,4,5-T (acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique) dans deux (2) projets et un mélange de 2,4-D/2,4,5-T dans un troisième projet.

Cette étude visait deux (2) objectifs principaux dont le premier était de connaître le comportement du 2,4,5-T sous diverses conditions et de le comparer avec ceux du 2,4-D et du 2,4-DP. Le deuxième objectif consistait à comparer les techniques d'application et le niveau de résidus qu'elles entraînent. Une (1) méthode par voie aérienne et deux (2) autres avec des équipements terrestres ont été examinées.

Des échantillons d'eau ont été récoltés dans des mares à l'intérieur des superficies traitées alors que des ruisseaux étaient échantillonnés à 1 km en aval des mêmes superficies. Le projet Dufour fut l'objet de pulvérisations aériennes et terrestres avec un pulvérisateur à barillet: quatre (4) stations d'échantillonnage y furent établies pour contrôler les résidus dans les ruisseaux. Le projet Rimouski avait pour but de connaître le comportement du produit dans une mare et un ruisseau suite à une pulvérisation aérienne. Le projet Rouillard a été traité par pulvérisation terrestre avec un appareil à air forcé. Dans ce dernier projet une (1) mare et deux (2) ruisseaux ont été échantillonnés.

Le but de ce travail est évidemment de connaître le cheminement et la persistance des niveaux de résidus dans l'environnement québécois. Les résultats serviront également aux études toxicologiques entreprises dans le cadre de l'étude d'impact du M.E.R. (Bélanger, P. et coll. 1982).

Les comparaisons des résultats obtenus avec les différents produits et les différentes techniques d'application permettront de mieux définir les options qui s'offrent au M.E.R. dans le cadre de l'utilisation de méthodes chimiques pour l'entretien des plantations.

2. PROGRAMME DE PULVÉRISATION

2.1 Superficies traitées

Trois (3) projets ont été sélectionnés pour l'étude 1982. Ces projets sont situés dans l'est de la province de Québec et la figure 1 indique leur localisation. Ce sont les projets du canton Dufour, du canton Rouillard et de la Réserve provinciale de Rimouski. Le tableau I résume les caractéristiques principales de chacun des projets: les superficies traitées, le produit utilisé, le dosage, le taux d'application, la période et la durée des traitements ainsi que les appareils employés.

2.1.1 Projet Dufour

Le projet du canton Dufour avait une superficie totale de 224 hectares dont 71 hectares ont été traités avec un pulvérisateur terrestre de type barillet de marque Boomjet^{MD}. L'autre partie du projet, soit 153 hectares, fut traitée par pulvérisation aérienne en trois (3) blocs distincts. Le bloc 1 a une superficie de 76 hectares, le bloc 2 de 36 hectares et le bloc 3 de 41 hectares (figure 2).

2.1.2 Projet Rimouski

Le projet de la Réserve de Rimouski avait une superficie totale de 454 hectares qui a été entièrement traitée par voie aérienne. La figure 3 montre une partie du projet dont 90 ha environ sont drainés par la station CVR.

2.1.3 Projet Rouillard

Une superficie de 100 hectares fut traitée dans le canton Rouillard à l'aide d'un pulvérisateur terrestre de type "canon à air forcé". Dans ce cas, le traitement a été fait en plusieurs petits blocs de chaque côté du ruisseau Fairley (figure 4).

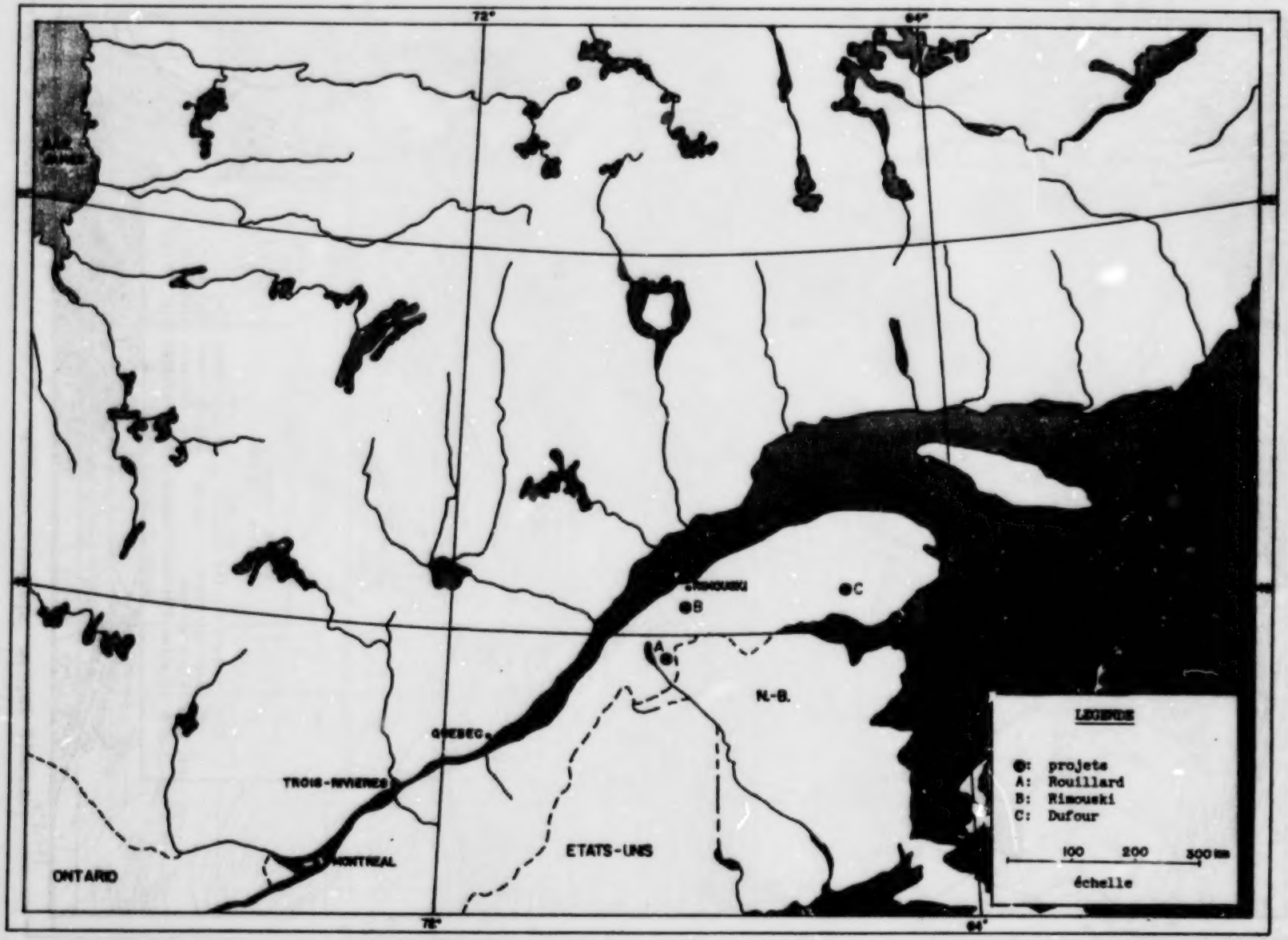


Figure 1: Localisation des projets

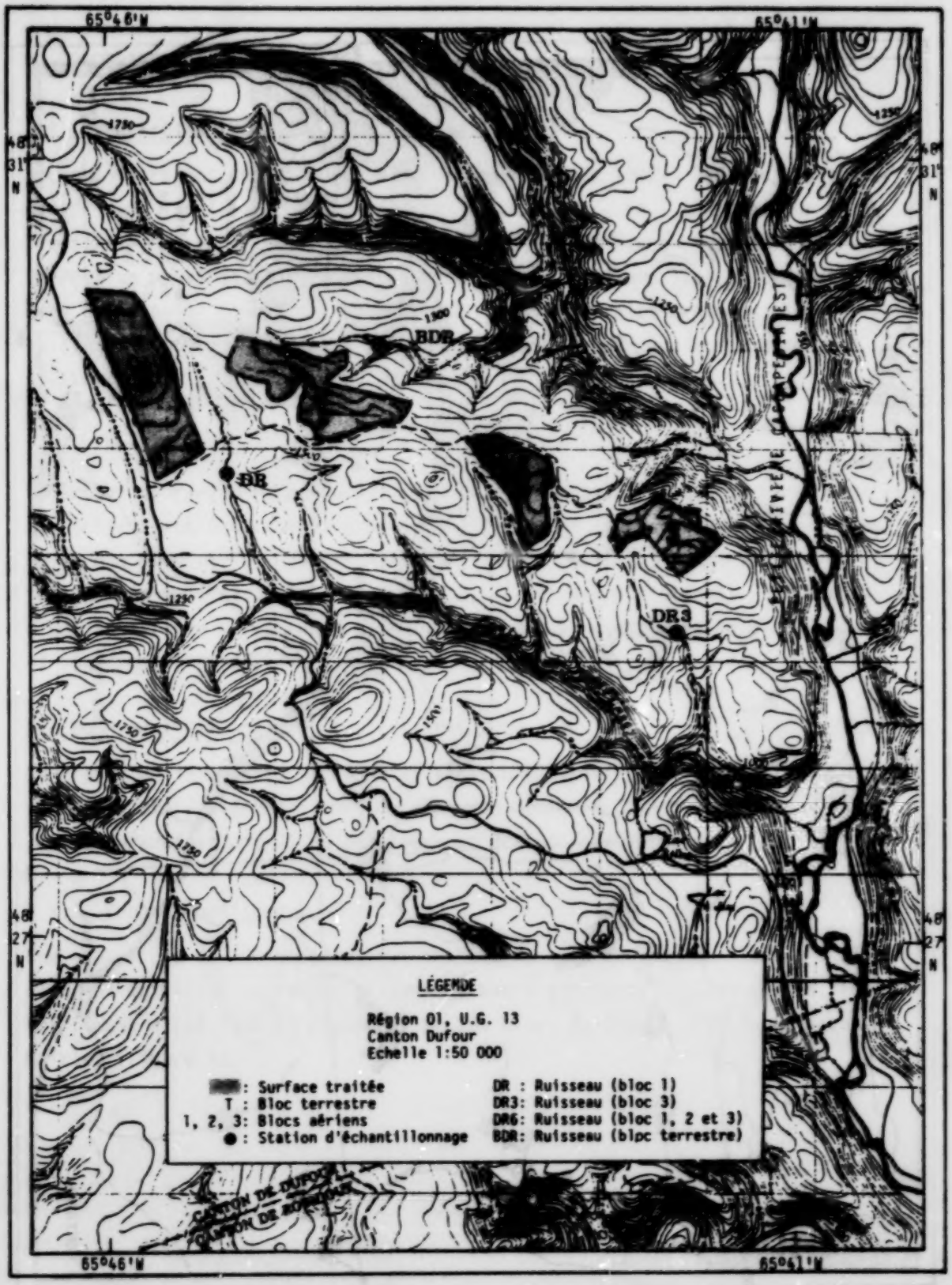


Figure 2: Localisation des stations d'échantillonnage, projet Dufour

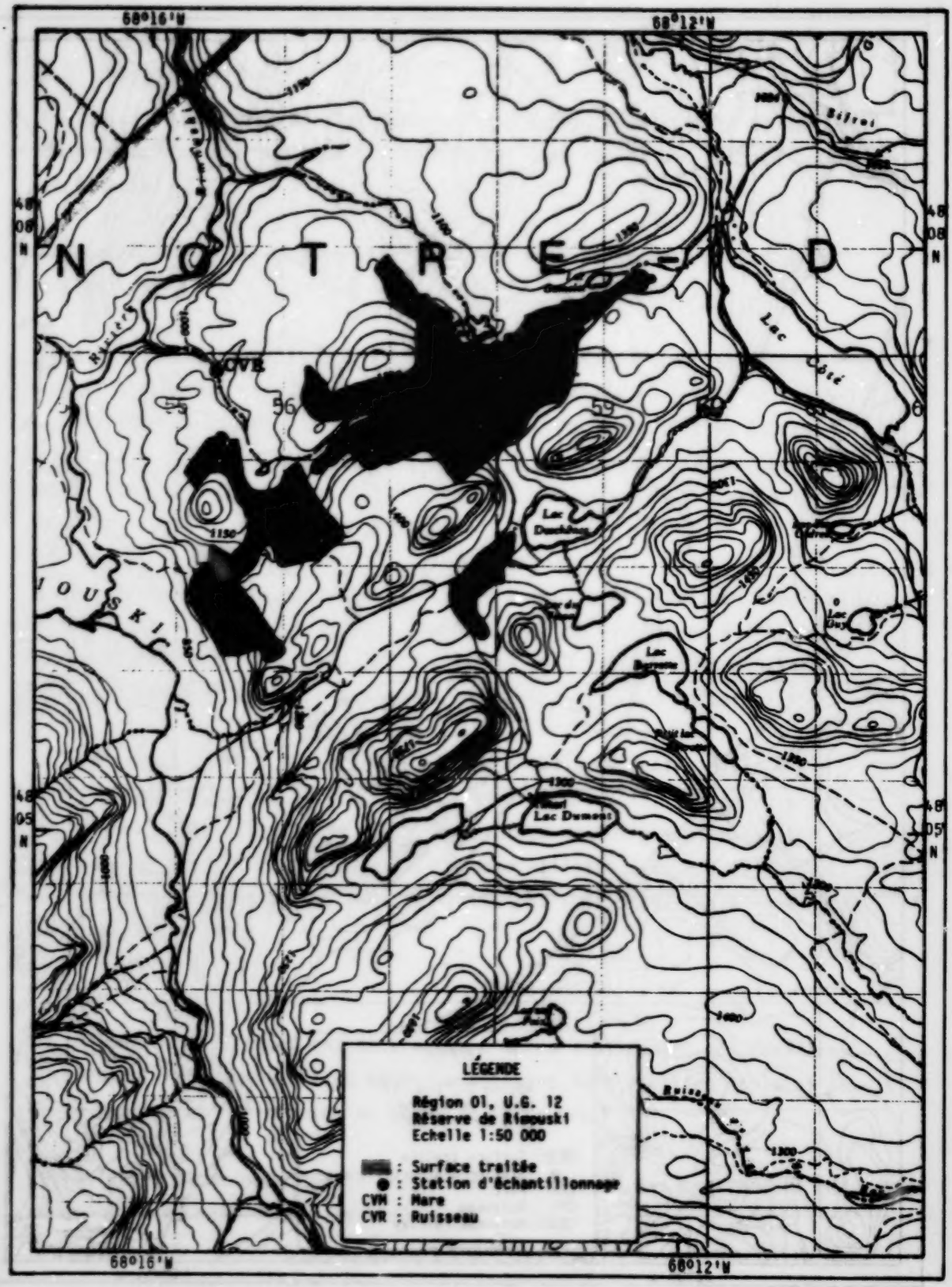


Figure 3: Localisation des stations d'échantillonnage, projet Rimouski

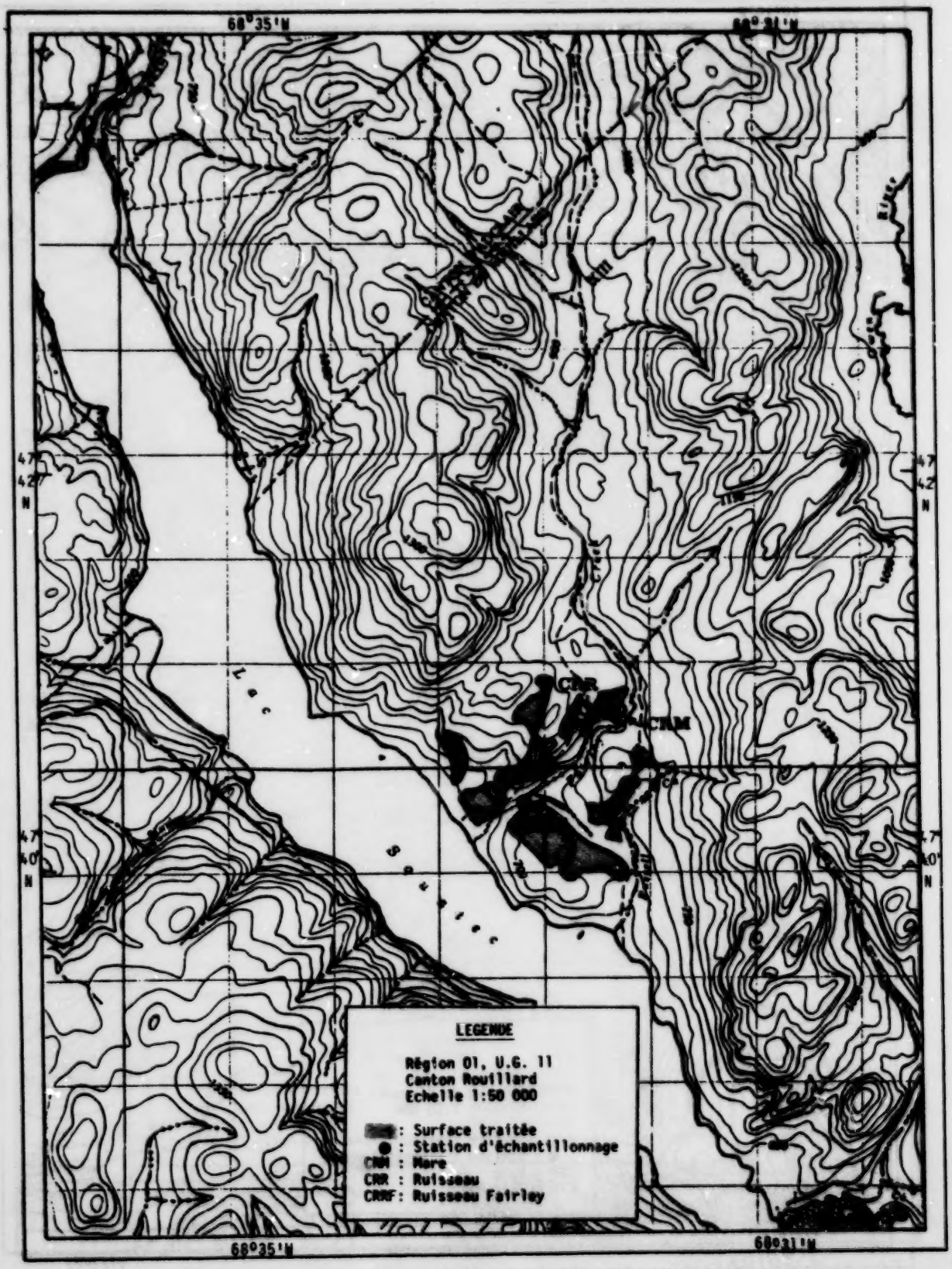


Figure 4: Localisation des stations d'échantillonnage, projet Rouillard

2.2 Produits utilisés

Le 2,4,5-T sous forme d'ester isooctylique à faible volatilité de marque Brush-Rhap[MD] a été appliqué sur toutes les superficies des projets Dufour et Rimouski.

La concentration du produit était de 719 g i.a. (grammes d'ingrédients actifs) par litre.

Dans le cas des pulvérisations aériennes, le mélange pulvérisé, appelé "bouillie", était constitué de la façon suivante: 4,17 litres de 2,4,5-T, 0,11 litre d'un agent épaississant, le Nalco Trol[MD] et de 42,6 litres d'eau pour un volume total de 46,8 litres à l'hectare. La dose théorique était donc de 3 000 g i.a. à l'hectare; la dose effective, mesurée lors des applications, est donnée au tableau I.

La pulvérisation terrestre dans le canton Dufour a été réalisée avec un pulvérisateur à barillet au taux d'application de 450 litres à l'hectare. La bouillie était constituée de 4,17 litres de 2,4,5-T dilués dans 445 litres d'eau pour une dose théorique de 3 000 g i.a. à l'hectare.

Un mélange de 2,4-D/2,4,5-T de marque Brush-Killer[MD] a été appliqué par voie terrestre avec un pulvérisateur à air forcé sur les 100 ha du projet Rouillard. Le produit avait une concentration de 600 g i.a. par litre et a été dilué dans 205 litres d'eau. La dose utilisée fut de 1 871 g i.a. à l'hectare pour chacun des deux (2) produits, soit 3 742 g i.a. à l'hectare pour le mélange.

2.3 Période de traitement

La période de traitement est déterminée d'après l'aoûtement des conifères. Au Québec, l'aoûtement a lieu généralement vers la mi-juillet et la période de traitement se termine au début de septembre.

Le tableau I donne pour chaque projet la date précise des traitements qui eurent lieu au mois d'août en 1982.

TABLEAU I: Caractéristiques des projets de pulvérisation

PROJET ET MODE D'APPLICATION	SUPERFICIE (hectares)	PRODUIT UTILISÉ	DOSE (g i.a./ha)	PÉRIODE DE TRAITEMENT	DURÉE EFFECTIVE (heures)	APPAREILS DE PULVÉRISATION	TAUX D'APPLICATION (l/ha)
DUFOUR							
Terrestre	71,2	2,4,5-T*	3 100	16-08-82 au 19-08-82	25H30	Pulvérisateur à barillet Boomjet^{MD}	450,0
Aérien							
Bloc 1	76,0	2,4,5-T	2 969	15-08-82 18-08-82	01H38	Pulvérisateur à rampes monté sur des avions	46,8
Bloc 2	36,0	2,4,5-T	2 969	18-08-82	01H39	idem	46,8
Bloc 3	41,0	2,4,5-T	2 969	18-08-82	01H38	idem	46,8
RIMOUSKI							
Aérien	90,0	2,4,5-T	3 000	18-08-82 19-08-82	01H33	idem	46,8
ROUILLARD							
Terrestre	100,0	2,4-D/2,4,5-T**	3 742	08-08-82 au 01-09-82	76H00	Pulvérisateur à air forcé Technoma^{MD}	210,0

* 2,4,5-T: ester isooctylique 719 g/l (Brush-Rhap^{MD}).

** 2,4-D/2,4,5-T: ester isooctylique 600 g/l (Brush-Killer 96 LV^{MD}).

Les périodes quotidiennes de pulvérisation sont également limitées par divers facteurs: la vitesse du vent doit être inférieure à 8 km/h, l'humidité relative supérieure à 50% et la température inférieure à 24°C. Dans le cas de la pulvérisation terrestre avec barillet, on tolère des vents jusqu'à 15 km/h (Bélanger, P. et H. Lecuyer, 1982). Ces paramètres ont pour but de limiter la dérive du produit et sa volatilisation. Généralement, les conditions favorables sont réunies très tôt le matin et à la tombée du jour.

Les pulvérisations aériennes ont un rendement beaucoup plus élevé que les pulvérisations terrestres et cela se traduit par une période d'exécution plus courte pour une même superficie.

2.4 Appareils utilisés

Les pulvérisations aériennes ont été réalisées avec des avions de type Piper Pawnee 25-235^{MD} et Grumman Agcat B450^{MD}. Le "Pawnee" a une charge de 473 litres et "l'Agcat" transporte 946 litres. Ces avions portaient un système de pulvérisation à "rampes" dont les buses ont été calibrées pour donner des gouttelettes d'un diamètre moyen de 500 microns.

Le bloc terrestre du projet Dufour a été réalisé avec un pulvérisateur de type barillet, de marque Boomjet - 5580^{MD} monté sur un transporteur Timberjack - 230^{MD}.

Le projet du canton Rouillard a été réalisé par voie terrestre avec un pulvérisateur à air forcé de marque Tecnoma^{MD}, monté sur un transporteur John Deere 540^{MD}. Le diamètre moyen des gouttelettes pouvait varier de 400 à 600 microns.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Matériel

Des récipients en verre de marque Mason[MD] ont été utilisés pour la cueillette de 850 ml d'eau par échantillon. Les récipients ont été préalablement décontaminés par un lavage à l'alcool éthylique, suivi d'un rinçage à l'acétone et finalement d'un dernier rinçage à l'hexane.

Un papier d'aluminium décontaminé fut ensuite inséré entre l'ouverture et le couvercle du récipient. Le papier d'aluminium a pour but d'empêcher l'adsorption des résidus dans les composantes en matière plastique du couvercle.

Ce type de récipient a été choisi pour son ouverture très large qui facilite la récolte de l'échantillon en profondeur.

3.2 Technique de prélèvement

A) L'échantillon est identifié à l'aide d'une étiquette portant un code qui indique sa provenance et le moment de la cueillette.

B) Le récipient fermé est entré dans l'eau et l'échantillon n'est recueilli qu'à une profondeur de 15 cm et il est refermé à cette même profondeur.

C) A l'échantillon récolté, 1 ml d'acide sulfurique concentré est ajouté pour abaisser le pH à 2.

D) Le papier d'aluminium décontaminé doit être intact, sinon il est remplacé.

E) Le récipient est alors entièrement recouvert de papier d'aluminium afin d'intercepter la lumière.

F) Une deuxième étiquette est placée à l'extérieur.

G) L'échantillon est immédiatement placé dans une glacière pour le conserver à 4°C et est ensuite acheminé dans les plus brefs délais au laboratoire.

3.3 Méthode analytique et contrôles

Voici un résumé de la méthode analytique utilisée par la compagnie Éco-Recherches Inc. Cette méthode est celle qui est reconnue et approuvée par la Direction générale des eaux intérieures du ministère de l'Environnement du Canada*.

L'échantillon d'eau est acidifié et les herbicides phénoxyacides sont extraits avec de l'éther. Après avoir évaporé l'éther, celui-ci est remplacé par du méthanol et un dérivé méthyl ester est formé en utilisant du BF_3 - Méthanol. Les esters sont ensuite extraits avec de l'hexane pour être analysés en chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un détecteur à capture électronique (Ni^{63}).

Les conditions opératoires du chromatographe sont les suivantes:

Colonnes: 7% OV-17 + 4% QF-1 sur Gaz Chrom. Q., 80-100 mailles.
3,6% OV-101 + 5,5% OV-210 sur Chromosorb W, 80-100 mailles.
3% OV-17 sur Chromosorb W, HP, 80-100 mailles.

Températures: Colonne 200°C.
Injecteur 250°C.
Détecteur 300°C.

Gaz vecteur: 5% de méthane dans l'argon à 60 ml/min.

Nous avons effectué deux (2) types de contrôle de qualité au niveau des analyses de laboratoire.

- Contrôles internes: Cinq (5) vérifications à partir d'étalons préparés par le laboratoire lui-même ont été effectuées tout au long de la période d'analyse du 18 au 21 août 1982.

---

* Environnement Canada, 1978. Analytical Methods Manual.

- Contrôles externes: Deux (2) vérifications à partir d'étalons préparés par le laboratoire de Québec du ministère de l'Environnement ont été effectuées en incorporant les échantillons à ceux provenant du milieu naturel sans en avertir les responsables du laboratoire.

Les résultats de ces contrôles sont les suivants:

	CONTRÔLES INTERNES					CONTRÔLES EXTERNES	
	1	2	3	4	5	1	2
2,4,5-T préparé (µg/l)	400	200	400	0,50	0,50	11,1	111,1
2,4,5-T trouvé (µg/l)	370	160	430	0,63	0,58	8	71,8
Différence %	-7,5	-20	+7,5	+20	+13,7	-28	-35

La limite de détection se situait à 0,07 µg/l et la précision était de l'ordre de 8% selon la méthode officielle. Nous considérons les résultats des contrôles internes comme satisfaisants. Pour ce qui est des contrôles externes, le taux plus faible de récupération pourrait s'expliquer par une erreur de manipulation qui a fait en sorte que ces échantillons n'ont pas été acidifiés. La dégradation pendant le transport pourrait donc expliquer cette baisse. Nous considérons tout de même cette vérification comme satisfaisante.

4. DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLONNAGE ET DES STATIONS

Les figures 2, 3 et 4 indiquent la position des stations sur le terrain. Lorsqu'on examine ces figures il faut tenir compte de la position de la station par rapport au drainage des surfaces avoisinantes. Le territoire du Québec où sont réalisés ces travaux d'aménagement est généralement très accidenté; une multitude de petits ruisseaux s'y retrouvent et forment la tête des bassins de drainage. Un même bloc peut se drainer dans plus d'un ruisseau ce qui rend l'interprétation des résultats encore plus difficile. Néanmoins, les stations ont été localisées afin de retrouver les résidus maximums en tenant compte de ce qui précède.

Deux (2) types de milieux aquatiques ont été échantillonnés dans le cadre de cette étude i.e. les milieux lentiques et lotiques.

Le milieu lentique dans les projets est représenté par deux (2) mares sans écoulement qui sont situées à l'intérieur des superficies traitées. Elles reçoivent la même quantité de produit qu'une surface terrestre équivalente.

La séquence d'échantillonnage dans les mares débute immédiatement après la pulvérisation.

Le milieu lotique, dans le cadre de ce travail, est représenté par des ruisseaux de tailles variables. La station d'échantillonnage est située à 1 km en aval de la superficie traitée.

La séquence d'échantillonnage débute lorsqu'au moins 50% de la superficie drainée a été traitée.

4.1 Projet Dufour

Le projet Dufour est localisé dans les monts Chic-Chocs en Gaspésie. Un (1) bloc fut traité par pulvérisation terrestre et trois (3) autres blocs par pulvérisation aérienne afin de pouvoir comparer les deux (2) méthodes employées généralement en milieu forestier.

4.1.1 Pulvérisation par voie terrestre

Une superficie de 71 hectares a reçu une dose de 3 100 grammes d'ingrédients actifs à l'hectare; le traitement a nécessité 26 heures de travaux réparties sur quatre (4) jours.

La station BDR, située à un (1) kilomètre du bloc, recevait les eaux de drainage d'environ la moitié de cette superficie. L'échantillonnage débuta lorsque la majorité de la superficie drainée avait été traitée. L'échantillon de 36 heures, et les subséquents, ont été recueillis alors que le traitement de toute la superficie avait été complété. La largeur du ruisseau était de 1,0 m et la profondeur de 0,4 m.

4.1.2 Pulvérisation par voie aérienne

Le premier bloc aérien fut traité en deux (2) opérations: 57 ha en une heure 2 minutes le 15 août et 19 ha en 36 minutes le 18 août. Sur la station de milieu lotique, codée DR, la récolte des échantillons débuta 12 heures après le premier traitement et se termina 12 heures après le deuxième traitement pour un total de six (6) échantillons. Le ruisseau de la station DR coulait parallèlement au bloc à 200 mètres et il n'y avait pas de végétation dense dans cette zone de protection. La largeur du ruisseau était de 1,0 m et sa profondeur 0,4 m.

Le troisième bloc aérien avait une superficie de 41 ha et fut traité en une seule opération qui dura une (1) heure 38 minutes le 18 août. La station DR3 qui le drainait était un ruisseau de 1,0 m de largeur et de 0,3 m de profondeur. Un seul échantillon fut recueilli 24 heures après la pulvérisation.

La station DR6 était localisée à 1 km en aval de la station DR3. Elle recevait l'eau d'écoulement des blocs aériens 1, 2 et 3 situés respectivement à 4,6, à 3,5 et à 2,1 km. La station a été échantillonnée les 17, 18 et 19 août soit à 24, 48 et 72 heures après la première opération sur le bloc 1. L'échantillon de 72 heures représente 24 heures après le traitement des blocs 2 et 3 ainsi que la deuxième partie des opérations sur le bloc 1.

4.2 Projet Rimouski

Le 18 août, des conditions météorologiques défavorables causèrent l'arrêt des pulvérisations aériennes dès le début. Elles recommencèrent le lendemain et la mare échantillonnée fut traitée partiellement une deuxième fois le 19 août.

La mare, station CVM, avait les caractéristiques suivantes: longueur 3,9 m, largeur de 3,1 m et profondeur moyenne de 0,3 m. La séquence d'échantillonnage débuta immédiatement après le premier traitement. Un témoin et sept (7) échantillons y furent récoltés.

La station CVR a été établie à 1 km en aval sur un ruisseau de 2 mètres de largeur par 0,27 m de profondeur. Ce ruisseau coule parallèlement à la superficie traitée sur 0,5 km environ. Il reçoit également des résidus d'une faible partie (10 ha environ) d'un autre bloc plus à l'est. Trois (3) échantillons furent récoltés 24, 48 et 72 heures après traitement.

4.3 Projet Rouillard

Le projet Rouillard a été réalisé par pulvérisation terrestre sur une période d'un mois. Les opérations ne couvraient que de petites superficies à chaque jour, généralement inférieures à 10 hectares.

La mare, station CRM, était située au centre d'une superficie de 8,8 hectares. Elle mesurait 11,7 m de long, 1 m de large et 0,1 m de profond en moyenne. Un témoin et cinq (5) échantillons ont été récoltés.

La station CRR a été établie sur un petit ruisseau intermittent (ruisseau Rouillard pour fin de discussion) qui se jette dans le ruisseau Fairley. La largeur du ruisseau est de 0,8 m et la profondeur de 0,14 m. Six (6) échantillons y furent récoltés à 0, 12, 24, 36, 48 et 72 heures après traitement.

Le ruisseau Fairley se jette dans le lac Squatec après avoir longé sur deux (2) kilomètres plusieurs blocs traités totalisant 30 ha. Ce ruisseau, à la station CRRF, a une largeur de 4,8 m et une profondeur de 0,33 m. Quatre (4) échantillonns y furent recueillis à 0, 24, 48 et 72 heures après traitement.

5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'étude de la disparition des résidus de pesticides en milieu naturel est extrêmement complexe à cause du très grand nombre de variables impliquées. Les caractéristiques du sol et de l'eau influencent le comportement des phénoxys en modifiant les différents processus de disparition. Ces processus, tels que l'adsorption, la volatilisation, la dégradation (chimique ou biologique) et l'hydrolyse de l'ester sont tous des éléments modificateurs du cheminement et de la persistance des phénoxys.

L'ensemble de ces processus a pour résultat final un niveau de contamination du milieu. L'échantillonnage en milieu naturel mesure ce résultat net. La présente étude sur le 2,4,5-T s'intéresse davantage aux modes de contamination et aux techniques de pulvérisation. Ces éléments sont directement responsables de la contamination initiale qui par la suite conditionnera la réponse du milieu.

Généralement, le niveau de résidus dans les mares ou étangs est de 1 000 à 3 000 µg/l alors que dans les ruisseaux il est de 1 à 2 µg/l peu de temps après le traitement (CNRC, 1979; Norris, L.A., 1982).

Norris (1982) a très bien résumé les voies d'entrée des herbicides dans les ruisseaux. Nous reproduisons dans le tableau II sa propre classification qui fait la relation entre le mécanisme d'entrée, la concentration maximum qui en résulte et la durée de celle-ci.

Tableau II: Caractéristiques d'entrée des phytocides dans les ruisseaux

Mécanisme d'entrée	Importance relative du pic de concentration	Durée de l'entrée
Application directe	ÉLEVÉE	Courte - pendant l'application
Dérive	MODÉRÉMENT ÉLEVÉE	Courte - pendant l'application
Mobilisation par les ruisseaux intermittents	MODÉRÉE À FAIBLE	Courte - pendant les premiers orages après l'application
Ruissellement	FAIBLE	Moyenne
Lessivage	TRÈS FAIBLE	Longue

On peut ajouter à cela, que de fortes précipitations ont pour effet de remettre en circulation les résidus du sol, de l'eau, des sédiments et de la végétation. Les concentrations associées à la pluie sont cependant toujours plus faibles que la contamination observée dans la période qui suit immédiatement les pulvérisations, soit environ 24 heures (Léveillé P. et L. Laberge, 1983; Kimmins J.P., 1975).

Le tableau III présente les concentrations détectées en fonction du temps pour chacun des milieux aquatiques échantillonnés dans les trois (3) projets. Sur un total de 45 échantillons, 13 ne décèlent pas la présence du 2,4,5-T en quantité supérieure à la limite de détection de 0,07 µg/l.

5.1 Comportement du produit

Afin de tenir compte des caractéristiques de chaque projet ainsi que des différentes techniques d'application, la discussion sur le comportement des résidus a été faite pour chacun des projets séparément.

5.1.1 Projet Dufour

Dans la station BDR du bloc terrestre, des résidus n'ont été retrouvés qu'au sixième et dernier échantillon (72 heures) avec une quantité de 0,21 µg/l. Cette valeur est caractéristique des ruisseaux qui n'ont été contaminés que de façon indirecte (CNRC, 1979; Léveillé P. et L. Laberge, 1983). Dans des cas semblables, lorsque le produit n'atteint pas la surface de l'eau par dépôt direct ou par dérive dans l'air, la seule voie d'entrée dans les ruisseaux est par l'écoulement des eaux de surface. Les eaux de ruissellement peuvent transporter le produit de deux (2) façons: en solution après lessivage du sol et du feuillage et par transport de particules de matière minérale ou organique sur lesquelles le produit est adsorbé.

TABLEAU III: Résidus de 2,4,5-T en milieu aquatique (µg/l)

PROJET	STATION	TEMPS (heures) T	0	3	12	24	36	48	60	72
RIMOUSKI										
Aérien	Mare CVM	ND	87,50	150,00	128,00	342,00[1]	625,00	640,00	--	597,00
	Ruisseau CVR	--	--	--	--	2,77	--	0,69	--	0,36
ROUILLARD										
Terrestre (air forcé)	Mare CRM	19,2	850,00	--	538,00	1 190,00	--	422,00	--	129,00
	Ruisseau Rouillard CRR	--	1,14	--	11,20	4,69	2,16	0,84	--	3,02
	Ruisseau Fairley CRRF	--	0,19	--	--	0,52	--	ND	--	ND
DUFOUR										
Aérien, bloc 1	Ruisseau DR	ND	--	--	0,18	0,17	1,45	0,14	0,75	ND
bloc 3	Ruisseau DR3	--	--	--	--	1,08	--	--	--	--
bloc 1,2,3	Ruisseau DR6	--	--	--	--	ND	--	0,14	--	ND
Terrestre (barillet)	Ruisseau BDR	ND	--	--	ND	ND	ND	ND	ND	0,21

ND : <0,07 µg/l

(1): Récolté immédiatement après le deuxième traitement.

Dans le cas du bloc terrestre Dufour, une zone de protection de 60 mètres de part et d'autres des rives avait été établie selon les normes du Ministère (Bélanger P. et H. Lecuyer, 1982). A cela il faut ajouter une bande supplémentaire de 100 mètres qui n'a pas été traitée parce que la configuration trop accidentée en avait empêché le déboisement. Cette zone de protection, appelée zone tampon, empêche l'application directe du produit dans le cours d'eau, mettant donc en échec le principal facteur, soit le mode de contamination directe, qui cause les niveaux de résidus les plus élevés (Norris L.A., 1967; Léveillé P. et L. Laberge, 1983).

Finalement, le bloc terrestre fut traité avec un pulvérisateur à barillet minimisant ainsi la dérive du produit dans l'air.

Une grande zone de protection, un épandage sur quatre (4) jours, l'utilisation d'un appareil terrestre et l'absence de précipitations sont des facteurs qui ont contribué à réduire énormément la contamination de l'eau dans ce cas.

Pour le premier bloc aérien, les résidus variaient de 0,14 à 1,45 µg/l à l'exception du dernier échantillon où aucun résidu ne fut retrouvé. Contrairement au bloc terrestre, on retrouve des résidus pendant trois (3) jours consécutifs (5 échantillons à intervalle de 12 heures). Bien que les concentrations soient normales (≤1 µg/l ou moins) on peut avancer deux (2) hypothèses pour expliquer cette différence. La première serait que la superficie traitée en une heure seulement soit assez grande (57 ha) pour que l'on détecte des résidus plus facilement et plus rapidement, tout simplement à cause d'une plus grande disponibilité du produit. On peut également soulever une deuxième hypothèse: de très faibles quantités de produit sont plus susceptibles d'atteindre les ruisseaux par la dérive lors d'une opération aérienne si l'écran de végétation dans la zone de protection est peu dense et de hauteur restreinte comme c'est le cas ici.

Des concentrations de cet ordre de grandeur i.e. 1 µg/l, tendent à disparaître après quelques jours (Léveillé P. et L. Laberge, 1983; Norris L.A., 1967; Kimmins J.P., 1975).

La station DR3 qui draine le troisième bloc aérien a montré des résidus de 1,08 µg/l pour le seul échantillon pris 24 heures après traitement. Ce niveau de concentration est caractéristique de ce type de station.

Sur les trois (3) échantillons de la station DR6 seul l'échantillon de 48 heures montra des résidus à 0,14 µg/l. La provenance des résidus ne peut être attribuée à l'un des trois (3) blocs aériens en particulier. Plusieurs études ont démontré que les concentrations de résidus diminuent fortement de l'amont à l'aval pour les pesticides qui sont facilement adsorbés par les sédiments ou le sol comme c'est le cas pour le 2,4,5-T (Norris L.A., 1967; Kimmins J.P., 1975; F.A.O., 1970; Léveillé P. et L. Laberge, 1983).

5.1.2 Projet Rimouski

Pour analyser les résultats dans la mare de Rimouski, il faut tenir compte du temps d'échantillonnage par rapport aux deux (2) traitements. Après le premier traitement la quantité de résidus est faible: 87,5 µg/l (0 heure), 150 µg/l (12 heures) et 342 µg/l (24 heures). Après le deuxième traitement les concentrations sont plus élevées: 625 µg/l (12 heures), 640 µg/l (24 heures), 597 µg/l (48 heures). Les concentrations demeurent relativement faibles même après deux (2) traitements. Elles semblent demeurer stables de 12 à 48 heures après le deuxième traitement et, dans ce cas, on ne peut démontrer que le processus de disparition est amorcé.

Il existe très peu d'études sur le comportement du 2,4,5-T en milieu lentique. En milieu forestier ou agricole, les recherches traitent surtout des ruisseaux avec occasionnellement un échantillonnage très faible dans les milieux lentiques.

Pour ce qui est du milieu lotique, les concentrations retrouvées à la station CVR à 24, 48 et 72 heures après traitement furent respectivement de 2,77, de 0,69 et de 0,36 µg/l.

Ce niveau de résidus est caractéristique des ruisseaux qui n'ont pas été contaminés de façon directe. Cette contamination peut persister de façon

continue pendant une (1) semaine environ (Léveillé P. et L. Laberge, 1983). Dans les deux (2) ou trois (3) semaines qui suivent, le produit peut être encore décelé occasionnellement si de fortes précipitations provoquent du ruissellement sur les surfaces traitées. Dans les ruisseaux, le 2,4,5-T se comporterait donc de la même façon que le 2,4-D et le 2,4-DP. (CNRC, 1979; Frank R. et G.J. Sirons, 1980).

5.1.3 Projet Rouillard

Le projet Rouillard a été réalisé avec un mélange de 2,4,D et 2,4,5-T à une dose de 3 742 grammes d'ingrédients actifs à l'hectare. La concentration de 2,4,5-T seul, est donc de 1 871 g i.a./ha. Les concentrations de 2,4-D dans l'eau n'ont pas été mesurées. Notons que le sens de la discussion qui suit ne serait pas modifié si on augmentait tous les résultats de 60% afin de les comparer à une dose de 3 000 g i.a. comme dans les autres projets.

La mare Rouillard a été contaminée le 25 août 1982 vers 17H00. Malheureusement, l'échantillon témoin n'avait pas été cueilli quelques jours avant traitement comme le veut la procédure normale. La récolte eut lieu seulement une (1) heure avant la pulvérisation alors que les travaux étaient en marche à proximité.

Ainsi on a retrouvé une concentration de 19,2 µg/l dans l'échantillon témoin. Bien que ces résidus peuvent avoir été transportés par l'eau de ruissellement, leur présence peut avoir également été causée par la volatilisation du produit dans l'air et sa dérive dans l'étang.

La concentration initiale, immédiatement après traitement, est de 850 µg/l. Après 12 heures, elle est de 538 µg/l mais le sommet est atteint après 24 heures à 1,190 µg/l. Par la suite la concentration diminue à 422 µg/l après 48 heures. Le dernier échantillon, 72 heures après traitement, montre une concentration de 129 µg/l.

La diminution notée pour les deux (2) premiers échantillons, de 850 à 538 µg/l (37%), nous suggère que le processus de disparition est bien amorcé. Cependant, on assiste à une remontée que nous ne pouvons expliquer

que par un apport de résidus des surfaces avoisinantes. En effet, toutes les opérations avaient cessé sur ce bloc, ainsi, on doit exclure la dérive comme source de contamination secondaire. Nous expliquons cette remontée des concentrations par une forte pluie (pour nos régions) de 12 mm qui eut lieu du 25 au 26 août. Cette pluie avait donc la possibilité de lessiver le produit du feuillage et du sol qui venaient tout juste d'être traités.

Par la suite, la disparition des résidus s'amorce à nouveau et après 72 heures, il ne reste que 10% de la concentration maximum soit 129 µg/l. Cette disparition rapide correspond au modèle de comportement que nous avions établi avec le 2,4-D et le 2,4-DP dans une mare de même type (Léveillé P. et L. Laberge, 1983). Cependant on doit considérer que l'échantillon intermédiaire de 422 µg/l, entre le maximum de 1,190 µg/l et le minimum de 219 µg/l, est plus élevé que son équivalent pour le 2,4-D/2,4-DP; dans ce dernier cas une telle concentration (35%) était déjà disparue en moins de quatre (4) heures (Léveillé P. et L. Laberge, 1983).

Il a déjà été mentionné dans le cas de la mare de Rimouski, qu'il n'existe que peu de données comparables pour prédire le comportement du 2,4,5-T en milieu lentique. D'après les données de la station CVM, la courbe de disparition du 2,4,5-T serait semblable aux autres phénoxys mais des expériences supplémentaires devraient être entreprises pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Le ruisseau Rouillard, comme nous l'avons vu dans la description des stations, est un ruisseau de très petite taille. Il draine un bloc traité qu'il longe sur 150 mètres. Le ruisseau a reçu directement du produit lors de la pulvérisation terrestre. Cependant à cause de sa configuration et de la présence d'un couvert végétal au-dessus de la surface de l'eau, il est impossible de déterminer avec certitude la quantité de produit reçue.

La contamination du ruisseau eut lieu le 19 août et l'échantillonnage ne débuta que le 25 août, soit six (6) jours plus tard. Le premier échantillon contenait 1,14 µg/l de 2,4,5-T. Après un tel délai, pour un ruisseau directement traité, la valeur retrouvée demeure normale. Cette valeur

serait considérée comme élevée pour un ruisseau non directement contaminé.

Une expérience réalisée avec le 2,4-D/2,4-DP en 1981 a démontré que les résidus ne persistent que sept (7) jours dans les ruisseaux non directement contaminés et 28 jours pour ceux qui ont reçu directement du produit (Léveillé P. et L. Laberge, 1983).

L'échantillon suivant, 12 heures plus tard, a été pris après une forte pluie de 12,4 mm (station météorologique de Ville Dégelis). Il a déjà été démontré (Léveillé P. et L. Laberge, 1983) que le comportement d'un ruisseau directement traité est tout à fait particulier. En effet, parce que les rives du ruisseau et la végétation qui le recouvre ont reçu du produit, celui-ci est immédiatement délavé et passe dans le ruisseau. La contamination alors produite est toujours plus élevée que pour les autres ruisseaux; elle dépasse même la concentration initiale maximum d'un ruisseau non directement traité. Ce phénomène s'est reproduit dans ce cas et la concentration est passée de 1,14 µg/l à 11,2 µg/l. Dans les 36 heures qui suivirent elle diminua à 4,69 puis 2,16 et 0,84 µg/l. Le lendemain, elle remonta à 3,02 µg/l, ce qui est encore très élevé si on la compare aux autres résultats retrouvés dans les ruisseaux.

Donc, dans ce cas, ce n'est pas la superficie traitée (moins de 5 hectares), ni la dose, ni le type d'appareil utilisé, mais bien le mode direct de contamination qui est responsable du niveau élevé de résidus. Ce ruisseau est intermittent et à faible débit. A peine visible sur les photographies aériennes, parfois pas du tout, ce type de ruisseau n'est pas cartographié et souvent il n'est pas exclu des projets de pulvérisation.

Le premier échantillon du ruisseau Fairley montre une concentration de 0,19 µg/l. Aucun échantillon ne fut recueilli immédiatement après la pluie comme dans le cas de la station CRR; la concentration maximum a très probablement été manquée à ce moment. Douze (12) heures plus tard on retrouve 0,52 µg/l; à 48 et 72 heures aucun produit n'est retrouvé.

Dans l'ensemble, les concentrations sont faibles, la plus élevée fut récoltée 12 heures après la pluie au moment d'une crue de 8 cm dans le ruisseau Fairley. Le débit exact des deux (2) ruisseaux ne fut pas mesuré cependant le ruisseau Fairley avait un débit d'environ 10 à 12 fois supérieur au ruisseau Rouillard. L'effet de dilution et celui de la distance auraient donc contribué à ramener les concentrations élevées du ruisseau Rouillard à de faibles niveaux dans le ruisseau Fairley.

5.2 Comparaison des méthodes de pulvérisation

La comparaison des résidus associés aux diverses techniques de pulvérisation n'a été faite que pour les mares et les ruisseaux situés à 1 km des projets, les autres sites n'étant pas comparables.

Les résultats obtenus pour les ruisseaux identifient une nette différence entre les résidus en milieu lotique associés aux pulvérisations avec barillet par rapport à ceux retrouvés lors de pulvérisations aériennes. Malheureusement, les résultats avec le pulvérisateur à air forcé ne sont pas comparables car le mode de contamination était différent.

Précisons que pour les milieux lotiques, les résultats montrent que le ruisseau du bloc terrestre dans le projet Dufour fut le moins contaminé alors que le ruisseau du premier bloc aérien présente une contamination continue plus élevée qui peut être considérée comme normale (maximum 1,45 µg/l).

Pour expliquer ces différences on peut noter les points suivants:

Bien que les deux (2) superficies soient équivalentes, l'opération terrestre nécessita 26 heures de travail alors que l'opération aérienne fut réalisée en deux (2) périodes d'une durée totale de 1 heure 33 minutes. Lors d'une opération aérienne la quantité totale de produit serait immédiatement disponible au ruissellement, à la volatilisation et à la dérive. Le facteur temps agirait comme élément tampon dans l'opération terrestre en répartissant les résidus disponibles dans le temps. Des expériences supplémentaires devraient être élaborées pour vérifier l'effet de la durée

d'opération des diverses techniques sur les niveaux de résidus retrouvés en milieu naturel.

La différence des niveaux de résidus en milieu lotique pourrait aussi être expliquée par les caractéristiques de dérive des deux (2) modes de pulvérisation. Ainsi la contamination des ruisseaux par la dérive serait supérieure lors des pulvérisations aériennes par rapport aux pulvérisations terrestres avec barillet. Cette hypothèse pourrait être vérifiée en caractérisant de façon plus précise la dérive de chacune des méthodes de pulvérisation.

Notons que dans le cas du projet Rouillard réalisé avec un pulvérisateur terrestre à air forcé, la contamination directe du ruisseau Rouillard nous empêche d'associer directement la présence de résidus à ce type de pulvérisation en condition normale i.e. avec zone tampon. La contamination du ruisseau Fairley est cependant équivalente à celle des projets aériens même si le ruisseau Rouillard s'y jette.

En l'absence de mare, aucun milieu lentique ne fut échantillonné dans le projet de pulvérisation terrestre avec barillet. La mare dans le projet terrestre avec appareil à air forcé (Rouillard) a une concentration équivalente à ce que l'on retrouve lors de pulvérisations aériennes soit de 1 000 à 3 000 µg/l (CNRC, 1979; Léveillé P. et L. Laberge, 1983; Laberge L., 1980). Les résidus lors de pulvérisations terrestres seraient donc équivalents à ceux des projets aériens en milieu lentique. Nous tenons compte ici de la dose et du fait que le produit fut utilisé en mélange.

Pour ce qui est de la mare du projet aérien à Rimouski, la concentration maximum est plus faible, soit 640 µg/l. Le faible niveau de contamination pourrait s'expliquer par la localisation de la station en bordure du projet qui aurait diminué la quantité de produit atteignant la mare. La dose dans ce cas-ci était de 3 kg i.a./ha donc supérieure à la dose réelle du projet Rouillard. Malgré un niveau de contamination plus faible, la quantité de résidus peut être considérée du même ordre de grandeur que celle retrouvée dans le projet Rouillard.

BIBLIOGRAPHIE

BÉLANGER, P., LABERGE, L., LAMARRE, R. et P. LEVEILLE, 1982. "Etude d'impact sur l'environnement des pulvérisations aériennes de phytocides en milieu forestier". Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, 486 p.

BÉLANGER, P. et H. LECUYER, 1982. "Normes relatives à l'utilisation de phytocides en milieu forestier". Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, 60 p.

CHACKO, V.T. and W. D. GUMMER, 1980. "Content and distribution pattern of 2,4-D in the Red River". Environment Canada, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Regina, Saskatchewan, technical bulletin No. 115, 12 p.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES CANADA, 1979. "Herbicides phénoxy - Analyse de leurs effets sur l'état de l'environnement accompagnée de critères scientifiques à l'égard de la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD)". Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, CNRC No. 16076, Ottawa, Canada. 452 p.

FRANK, R. and G.J. SIRONS, 1980. "Chlorophenoxy and chlorobenzoic acid herbicides; their use in eleven agricultural watersheds and their loss to stream waters in Southern Ontario, Canada". In: The science of the total environment, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Vol. 15, No. 2, pp. 149-167.

GUMMER, W.D., 1979. "Pesticide monitoring in the prairies of Western Canada". Environment Canada, Water Quality Branch, water quality interpretative report No. 4, 19 p.

KIMMINS, J.P., 1975. "Review of the ecological effects of herbicide usage in forestry". Fisheries and Environment Canada, Can. Pacific Forest Research Center, information report BC-X-139, 44 p.

LABERGE, L., 1980. "Echantillonnage des résidus de 2,4-D et de 2,4-DP dans l'eau suite à un arrosage aérien dans la province de Québec". Document interne, Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la restauration, 39 p.

LÉVEILLÉ, P. et L. LABERGE, 1983. "Résidus de 2,4-D et 2,4-DP en milieu aquatique lors d'entretien de plantation par voie aérienne (1981)". Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service pépinières et reboisement, publication No 3301, 48 p.

NORRIS, L.A., 1967. "Chemical brush control and herbicide residues in the forest environment". In symposium proceedings: Herbicides and vegetation management, Oregon State University, pp. 103-123.

NORRIS, L.A., 1982. "Behaviour of herbicides in soil and water in the forest environment". Proceedings of the Northeastern Weed Science Society, Volume 36, Suppl.,pp. 44-62.

PAQUIN, G., 1977. "Rapport des analyses des herbicides, insecticides et PCB dans l'eau des tributaires du St-Laurent". Comité d'étude sur le fleuve St-Laurent, Gouvernement du Canada, Service de gestion de l'environnement et le Gouvernement du Québec, Service de protection de l'environnement, 43 p.